



Réalité du timbre ? Virtualité de l'instrument !

Claude Cadoz

► To cite this version:

Claude Cadoz. Réalité du timbre ? Virtualité de l'instrument !. *Analyse Musicale*, 1990, 18, pp.68-72.
hal-00878812

HAL Id: hal-00878812

<https://hal.science/hal-00878812>

Submitted on 25 Nov 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Réalité du timbre ? Virtualité de l'instrument !

SON/TIMBRE/INSTRUMENTS/
PSYCHO-ACOUSTIQUE/
MUSIQUE CONTEMPORAINE/RECHERCHE

INTRODUCTION

Le développement de la musique occidentale jusqu'à une phase récente est dominé par la hauteur. Mise en échelle dans le tempérament égal, en structure dans toute la science et l'art de l'harmonie, elle relègue le timbre à un rôle secondaire. Le timbre n'est qu'un aspect lié à la matérialité obligée de la source du son et, à la limite, en l'absence d'une fonction musicale explicite, il s'identifie à l'instrument (la cause physique). Le terme désignait d'ailleurs à l'origine un instrument particulier, une sorte de tambour comportant des cordes tendues qui donnaient au son une « couleur » caractéristique.

À partir de la seconde moitié du XX^e siècle, le rôle fonctionnel du timbre s'affirme, non seulement complémentaire des autres attributs du son, mais prédominant, déterminant de tous les aspects de l'œuvre.

Il se trouve que, parallèlement, la relation causale primitive de l'instrument naturel au phénomène sonore est totalement remise en question par la mutation technologique : par la transmission, l'enregistrement et la reproduction du son, puis, au travers des technologies plus contemporaines, par la synthèse. La relation « naturelle » primitive instrument-timbre est coupée. Quel est alors le « lieu » du timbre ?

1. TIMBRE ET INSTRUMENTARIUM CLASSIQUE

Le timbre « dans l'écriture »

Lors d'un séminaire consacré au timbre en 1985 à l'I.R.C.A.M., se référant à des œuvres comme *Farben* de SCHENBERG, le *Double concerto* de CARTER, les *Antistrophes* de Chronochromie de MESSIAEN, *Éclats Multiples* de lui-même, Pierre

BOULEZ (1) montrait qu'il n'y a pas correspondance terme à terme entre les instruments et le système du timbre. Les instruments et le jeu se combinent en des processus complexes minutieusement organisés et maîtrisés par l'écriture, pour réaliser une identité timbrique spécifique.

Dans *Farben*, par exemple, SCHENBERG utilise la clarinette comme un constituant de texture dans laquelle elle perd son identité propre.

Le timbre en soi émerge de l'écriture, comme composante du langage, avec des critères esthétiques et des critères formels propres. Certes les instruments se différencient par leur timbre, mais le système des timbres instrumentaux n'est qu'un sous-ensemble du système du timbre, une base pour une synthèse orchestrale de l'« espace timbrique ».

Cependant, cet *instrumentarium*, que l'on pourrait appeler « mécanico-acoustique » reste nécessairement présent. Les conditions de production du son, même fortement asservies aux exigences d'un langage, sont celles du contexte mécanique.

Aussi, la relation causale terme-à-terme est-elle dissoute, mais il reste une relation globale : ce « timbre écrit » est le timbre de la causalité orchestrale, d'un « hyper-instrument » acoustico-mécanique.

Timbre instrumental, registration et cause physique

Le timbre de l'instrument apparaît comme composante du timbre complexe. Mais est-il lui-même élément ? Ne faut-il pas le considérer à son tour comme composé d'éléments plus simples, et desquels ?

SCHAEFFER définit tout d'abord le timbre comme « l'ensemble des caractères du son qui le réfèrent à un instrument donné » (2). Mais il remarque aussitôt que l'on peut parler du « timbre d'un son sans le rapporter clairement à un instrument déterminé, mais plutôt en le considérant comme une caractéristique propre de ce son », et évoque ce paradoxe « qui veut à la fois que les instruments aient un timbre, et que chaque objet sonore qu'on en tire ait, pourtant, son timbre particulier ».

(*) A.C.R.O.E. (Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression), I.N.P.G., 46 av. Félix-Viallet, Grenoble.

(1) BOULEZ 1985.

(2) SCHAEFFER 1966.

Prenant l'exemple du piano, SCHAEFFER montre alors que l'identité et l'unité de son timbre peuvent être attribuées à deux logiques simultanées. La première est causale, c'est le processus « corde frappée ». Mais, explique-t-il : « à la permanence causale fait pendant une certaine variation musicale des effets, voulue par le luthier, dosée en fonction d'exigences artistiques et obtenues mécaniquement par des moyens divers : doublage ou triplage des cordes dans l'aigu, filage des cordes graves, (...) feutrage plus ou moins épais des marteaux... ».

Plus loin, toujours à propos du piano, il précise, s'appuyant sur une série d'expériences, la nature de cette « variation musicale » sous la forme d'une certaine « loi du piano » qui régit les ajustements mécaniques sur l'étendue de sa tessiture et qu'il exprime ainsi :

$$\text{raideur dynamique} \times \text{richesse harmonique} = \text{constante}$$

SCHAEFFER, généralisant sa remarque, propose alors une définition du timbre instrumental : « une variation musicale assouplissant et compensant une permanence causale ».

La registration, déterminée par un « but esthétique », est à son tour comme une écriture, mais permanente, inscrite dans l'instrument.

Ce qui nous permet de proposer cette formule simplifiée :

$$\text{timbre} = \text{cause physique} + \text{registration} + \text{écriture}$$

Ainsi, à l'issue de ces deux niveaux de remarques, il apparaît que le timbre n'est pas la cause instrumentale ni la cause physique, mais aussi que l'on ne peut pas plus éliminer la causalité physique du timbre formel que l'on ne peut séparer le pôle Nord et le pôle Sud d'un aimant.

2. TIMBRE ET SYNTHÈSE

La relation cause physique-timbre est donc inséparable. Pourtant, l'ordinateur et la synthèse opèrent la coupure. Il y a bien toujours, nécessairement, une cause au phénomène sonore, mais les processus sont d'un ordre complètement autre : complètement reconstruits sur la base des phénomènes électroniques, ils ne participent d'aucune nécessité « ontologique ». L'ordinateur et la synthèse suppriment purement et simplement et l'instrument et la cause physique. Le cordon ombilical est coupé.

Cette situation est intéressante : que devient le timbre-langage en l'absence du timbre-matière ?

Eh bien, il faut tout d'abord remarquer que l'on ne peut pratiquer impunément cette coupure. L'instrument et la cause physique disparaissent en tant que pôles objectifs, mais ils sont immédiatement remplacés. En fait, dans la généralité du processus de la synthèse, c'est le signal sonore qui devient la chose tangible. C'est lui qui, capté, mémorisé, transformé, visualisé, analysé, synthétisé, devient le dénominateur objectif commun.

À la place de la relation cause physique-timbre s'institue une nouvelle relation, entre le signal sonore et sa perception. Et là, établissant des liens analytiques entre les faits de perception et le

monde des paramètres acoustiques, entre en scène ...la psychoacoustique.

Ce contexte est idéal pour chercher dans l'« explication » acoustique des faits de perception, un timbre en soi, pure valeur esthétique fonctionnelle, « pur esprit libéré d'un corps trop matériel ».

TIMBRE ET PSYCHOACOUSTIQUE

La vision classique

Il faut signaler que l'analyse acoustique, et, par conséquent, la psychoacoustique, n'ont pas attendu l'informatique pour exister et se développer. Au siècle dernier, HELMOLTZ proposait déjà, s'appuyant sur les travaux de FOURIER quant à la décomposition des signaux continus en signaux sinusoïdaux, une « explication » du timbre dans la description spectrale du signal sonore : l'ensemble des partiels ou harmoniques définis par leur fréquence, la relation géométrique entre celles-ci, et leur amplitude.

Cette vision avait une certaine beauté formelle : renvoyant à une caractérisation purement structurale, elle présentait le timbre comme un prolongement de la verticalité de l'harmonie, assumant alors le passage de la perception analytique de l'accord à une perception qualitative synthétique du timbre. Le timbre serait comme un accord d'atomes sonores dont on ne perçoit pas la granulation.

Malheureusement, cette vision tourne court rapidement. Tout d'abord parce que le temps fait substantiellement partie du timbre (comme il fait d'ailleurs partie de l'accord et de l'harmonie) et qu'à ce titre, la description purement spectrale ne peut suffire. Évoquons une expérience simple : un son de piano que l'on « fait passer » à l'envers. Bien que le nouveau son ait un spectre rigoureusement identique à celui de son endroit, il est non seulement méconnaissable, mais possède ce que l'on est bien obligé de considérer comme une qualité timbrique propre et différente de celle du son de piano.

Mais ce qui a rendu la vision classique définitivement caduque, c'est, révélée par les moyens d'analyse contemporains, la complexité intrinsèque des signaux ainsi que de la relation entre les phénomènes objectifs et ce qu'en fait la perception. La correspondance, par exemple entre les paramètres objectifs de la durée dans le signal lui-même, et les durées entendues n'est pas toujours directe, et elle est parfois contradictoire et paradoxale. Et cette anisomorphie se généralise à tous les autres aspects du son.

Timbre instrumental et timbre psychoacoustique

Une des étapes méthodologiques de la synthèse musicale par ordinateur a été (et continue d'être) l'analyse et la synthèse du timbre des instruments (ou plus généralement des sons) connus. À défaut du timbre en soi, il n'est en effet pas inutile de chercher à élucider, sous cet éclairage nouveau, les références habituelles.

Parmi les travaux dans ce domaine, depuis les débuts de la synthèse, signalons ceux de MATHEWS, RISSET, WESSEL, auxquels il faudrait en ajouter de nombreux autres. Tous (3) font ressortir cette complexité et surtout le fait que la caractérisation du timbre instrumental tient plus souvent à des relations entre les paramètres physiques qu'à des valeurs absolues de ces derniers. Le cas de la trompette le montre de manière caractéristique : la qualité « cuivrée » du son tient essentiellement dans le fait que le spectre s'enrichisse en fréquences aiguës lorsque l'intensité augmente (4).

Mais ce qui est sans doute le plus déroutant dans cette confrontation entre les êtres objectifs décrits par l'analyse acoustique et ce que la perception en fait, est que, selon le cas et le contexte, ils n'interviennent pas toujours de la même façon. Pour amener le système auditif à la conclusion d'une perception donnée, un type de paramètres ou de caractéristiques objectives (par exemple l'enveloppe spectrale pour la reconnaissance des voyelles) sera dans un cas prédominant, alors qu'ailleurs il ne jouera qu'un rôle secondaire, s'effaçant au profit d'un autre, ou d'une relation, voire d'une relation au contexte.

Ainsi, l'analyse acoustique et sa validation par « re-synthèse », apporte-t-elle une certaine connaissance du timbre instrumental. On peut en effet parler de « connaissance » à deux titres. Tout d'abord parce qu'un même outil formel et conceptuel permet de caractériser toute la variété des objets considérés, ensuite parce que pour chacun d'eux, on pourra exhiber, sous forme de lois spécifiques et de valeurs de paramètres, décrits dans un même langage, ce qui le particularise.

Cette connaissance, directement associée à la synthèse, a un caractère opératoire fondamental : on peut « fabriquer » de toute pièce un son de timbre déterminé (pour peu qu'on l'ait analysé).

Mais on voit aussi qu'il n'y a pas plus d'isomorphie entre les éléments et lois de décomposition propres à l'analyse acoustique et le timbre instrumental (et *a fortiori* donc, le timbre tout court), qu'il n'y en avait entre les éléments de l'*instrumentarium* et le « timbre écrit ». Cette description constitue une connaissance plus fine et offre des moyens d'action plus généraux, mais il ne s'agit en aucun cas de l'« explication » du timbre en raison de l'aspect irréductible de cette anisomorphie, et encore moins, par conséquent, de bases pour un langage musical.

Carte des timbres, espace perceptuel, attributs perceptuels

L'analyse-synthèse des timbres instrumentaux est un « moment » de l'informatique musicale. Dans le dipôle dialectique que cela constitue, nous venons d'évoquer l'une des extrémités : la possibilité d'une connaissance et d'une maîtrise plus poussées du timbre instrumental. Mais, dans le même temps, l'autre se constitue. Les algorithmes de synthèse qui, dans une certaine mesure sont une réplique en miroir des modèles d'analyse acoustique, ont un degré de généralité plus grand que les

phénomènes spécifiques qu'ils permettent ponctuellement de restituer.

Par intervention autonome sur les processus et les paramètres de synthèse, on peut alors, pour employer une expression métaphorique, interpoler et extrapoler : partant de l'ensemble des « îlots » des timbres instrumentaux, caractérisés au niveau algorithmique par leurs lois et paramètres, on peut, par action continue sur ces derniers, créer et parcourir des espaces intermédiaires ainsi que de nouveaux espaces au-delà des anciennes frontières.

Cette situation a suggéré à des chercheurs comme GREY et WESSEL (5) l'idée d'un « espace perceptuel », multidimensionnel, permettant de dresser en quelque sorte une « carte du timbre ».

S'appuyant sur une méthode précise (l'analyse factorielle), ils ont ainsi construit un tel espace à partir de timbres connus, en demandant à de nombreux auditeurs d'affecter une distance subjective entre chacun de ces timbres. Il s'agissait alors de définir l'espace capable de contenir sans contradiction, c'est-à-dire avec le bon nombre de dimensions et les bonnes variables sur celles-ci, tous les timbres envisagés.

Il s'avère alors qu'un tel espace est possible et qu'il peut contenir jusqu'à six dimensions. Nous n'entrerons pas dans le détail de sa description ici, il faut se reporter aux articles cités. Signalons simplement l'importance de l'une de ces dimensions caractérisée par la « brillance » du son, c'est-à-dire quelque chose comme la position du « centre de gravité » de son spectre dans l'étendue des hauteurs audibles.

Dans cet espace, figurent les timbres « germes », c'est-à-dire ceux des instruments réels qui ont servi à sa construction, mais ce qui est intéressant, c'est leur immersion dans un *continuum*. Le timbre pourrait alors être caractérisé par un espace plus général que les points singuliers que nos instruments traditionnels contraignent par leur technologie nous donnent. Cet espace ayant des dimensions distinctes, spécifiques, nous posséderions ainsi un moyen formel et général de nous mouvoir, de prévoir, de structurer, de comprendre et d'utiliser le timbre.

Une des illustrations de ceci est l'exploitation par WESSEL lui-même de la notion de distance qui résulte d'une telle représentation : dans cet espace, puisque c'est le principe même de sa construction, on peut affecter une distance à un couple quelconque de timbres différents. Ainsi peut se définir, pour le timbre, une notion d'intervalle prolongeant et généralisant la notion classique d'intervalle de hauteur. WESSEL a alors pu montrer sur quelques expériences de synthèse, que la notion de mélodie et de transposition de timbres avait en effet quelque pertinence.

Toutefois, l'investigation de cet espace des timbres montre également que la perception du timbre reste, dans certains cas catégorielle : l'espace en question recèle quelques « trous noirs », des discontinuités, des zones où la perception passe de l'identification d'un timbre spécifique bien défini, alors que le parcours est progressif, à celle d'un autre, bien défini également, et différent.

Quoi qu'il en soit, ce qu'il faut souligner ici, c'est l'intérêt de cette notion d'espace perceptuel multi-

(3) Cf. RISSET, WESSEL 1982.

(4) RISSET 1966.

(5) GREY 1977, WESSEL 1979.

dimensionnel et le fait qu'il s'agisse d'une première tentative de représentation du timbre totalement dégagée de la référence aux causes.

Mais alors même que cette généralisation apparaît, la notion de timbre tend à s'effriter pour laisser la place à une représentation plus générale où le phénomène sonore se caractérise par un certain nombre d'attributs dont il s'agit de déterminer la nature, le comportement et les fonctions.

WESSEL lui-même, à l'issue de cette investigation, présente à la limite le concept de timbre comme inutile, lui substituant celui de paramètre perceptuel, plus général et plus opératoire, préconisant « d'oublier le timbre pour composer avec les paramètres » (6).

Les attributs « porteurs de forme »

MCADAMS (7) pose alors le problème d'une manière générale : il s'agit tout d'abord de savoir comment l'oreille organise le sonore, ensuite, dans quelles conditions le sonore est « porteur de forme », quels sont les attributs porteurs de forme. La forme est ici, bien sûr, ce qui est senti, perçu, inhérent à la réception (une structure peut exister dans le son sans pour autant être perçue). Et il s'agit enfin d'en déduire des indications précises pour le contrôle objectif des processus et paramètres de synthèse.

Organisation du flux sonore par l'oreille

Organiser, c'est, partant d'un tout, distinguer des entités et établir des relations entre celles-ci. Le flux sonore qui atteint nos tympans est un tout ; or, il apparaît que le système auditif construit des entités distinctes, par exemple lorsqu'il parvient à séparer ce qui provient de sources différentes simultanées.

Il y a ici la manifestation d'une activité structurante première de l'audition. Elle peut être analysée en considérant, d'un côté les composantes acoustiques du signal, de l'autre les conditions dans lesquelles ces composantes sont associées (« fusionnées ») pour créer des « images auditives » unitaires, ou au contraire dissociées pour créer des images distinctes.

Les critères de cette « fusion et ségrégation auditive » ont été finement étudiés par BREGMAN, PINKER, MCADAMS (8). Nous évoquerons seulement ici quelques exemples, avant d'en extraire les conclusions importantes :

- le cas de l'harmonicité : la propriété des valeurs des fréquences spectrales d'être toutes multiples d'une valeur *fondamentale* est un critère de fusion très fort, c'est-à-dire qu'un ensemble de composantes présentées dans un rapport harmonique tend à produire la sensation d'un son unique de hauteur bien déterminée, tandis que de nombreux sons inharmoniques provoquent une sensation de hauteurs multiples ;

- un autre exemple : si, partant d'un ensemble de composantes, harmoniques ou non, on introduit une modulation autour de leur valeur nominale, la coordination des modulations, c'est-à-dire le fait que la loi de modulation soit la même pour toutes les composantes, intervient comme un facteur de fusion.

MCADAMS souligne le fait que les différents critères sont corrélés et se confortent ou se contredisent les uns les autres à des degrés divers. L'inharmonicité peut être, par exemple, compensée par la coordination des modulations. Et, plus généralement, les conditions dans lesquelles la fusion ou la ségrégation des composantes se fait n'est pas toujours la même en fonction de la nature du son et de son immersion dans un contexte.

Le retour de la cause physique

La conclusion la plus importante qu'il faut tirer de ceci est alors que tout se passe comme si le système auditif, à partir des données, des indices parvenant à l'oreille, même dans les situations les plus artificielles, cherchait à les rattacher à une cause réelle ou tout au moins plausible.

Dans le cas de l'harmonicité, on peut rappeler en effet que beaucoup de sources sonores naturelles auxquelles nous avons à faire sont harmoniques, à commencer par la source vocale. La modulation coordonnée, de même, est un *fait causal* en ce sens que, dans les sources réelles, c'est en général un facteur mécanique qui la produit et qui agit globalement sur tous les modes vibratoires en préservant leur rapport de fréquence.

De nombreux exemples et des expériences et remarques similaires dans les autres domaines de la perception, et plus généralement dans les sciences cognitives, montrent qu'une représentation mentale des causes productrices, de leurs constituants, de leurs états, de leurs comportements, semble jouer un rôle tout à fait fondamental dans l'activité structurante et cognitive du cerveau.

On croyait pouvoir chasser les causes, elles sont revenues au galop : une des métaphores les plus efficaces pour élucider le fonctionnement de la perception, et donc les fonctions structurantes du matériau sonore, le timbre que l'on écrit, dans ce contexte de la synthèse, où, à force d'artifice, on peut dire que la cause a été chassée, est la référence à la logique causale.

L'ordinateur a ainsi permis la coupure causale, mais ce qu'il a institué, c'est une relation plus fondamentale à la cause : de réelle, la cause est devenue virtuelle, évoquée, et ainsi, une nouvelle dimension de représentation s'établit et, probablement, comme le développement de la science et de la technologie ne manquera certainement pas de nous y pousser de plus en plus, un déplacement fondamental des objets, du matériau de la création artistique, ainsi d'ailleurs (ce qui est corrélatif) que de sa pratique au niveau social.

3. DÉPLACEMENT DU PROPOS

De nos remarques sur le « retour des causes », il ne faudrait pas conclure que la perception et l'intelligence musicales se fondent, de haut en bas (c'est-

(6) WESSEL 1985.

(7) MCADAMS 1985.

(8) BREGMAN & PINKER 1978, BREGMAN 1985, MCADAMS & BREGMAN 1979, MCADAMS 1982.

à-dire de la plus grande forme-structure au plus petit élément-matériau) sur une inférence ou une reconnaissance de causes physiques. Il y a, bien au contraire, d'une part, une multitude de niveaux de référents possibles, interagissant les uns avec les autres, chacun de diverses natures, concrètes, symboliques..., et d'autre part et surtout un dualisme nécessaire et permanent entre le « naturel » et l'artificiel.

Si l'oreille a besoin manifestement de points de repères, de points d'ancrage dans une certaine « authenticité », l'invention, la création ne sauraient exister sans l'artifice, c'est-à-dire la réalisation de rapprochements, grâce au moyen même de la représentation, impossibles avec des processus naturels ou qui ne correspondent à rien de connu jusque-là.

Le problème avec l'ordinateur, cependant, se pose un peu en sens inverse, dans la mesure où, en tant que prototype des moyens de représentation, il pêche par excès d'artifice.

La première nécessité de la synthèse, puis, forcément, de la musique par ordinateur, est alors de « recoller » avec le naturel. Il est bien évident que cet enjeu-là lui est propre, diamétralement opposé, il convient de le souligner, à ce que pouvait être la quête de la musique sérielle par exemple (les deux n'habitent pas sur la même planète).

C'est la raison pour laquelle, dans nos travaux de recherche en informatique musicale (initialisés en 1975 aux débuts de l'informatique musicale en Europe), nous avons d'emblée accordé la plus grande importance, non pas aux problèmes des langages musicaux, des aspects formels et fonctionnels de la musique, mais résolument à ceux du mode d'être du créateur face à son outil, à l'outil en question.

En effet, nous considérons que la première nécessité n'est pas tant de savoir quel est le sonore possible et quelle est sa structure, mais quels sont les actes possibles pour le créer, le moduler, comprendre et maîtriser cette structure. Ce n'est pas la musique qu'il faut penser aujourd'hui, mais beaucoup plus les conditions de l'activité de création, et ceci dans ses dimensions fondamentales (y compris, d'ailleurs institutionnelles et sociales).

N'oubliant pas que le compositeur, quel qu'il soit, est toujours un peu instrumentiste et avant d'être instrumentiste tout simplement être au monde, c'est-à-dire lié au monde physique par des organes d'action et des sens, il nous a semblé que la première chose à réaliser dans le rapport du créateur à l'ordinateur, était ce minimum relationnel, que nous définissons depuis par ce terme de *relation instrumentale*.

En d'autres termes, la première fonction que nous attribuons à l'ordinateur, n'est pas de permettre de manipuler le timbre (défini ou non), ni les attributs perceptuels (porteurs de forme ou non), mais, bien que cela y conduise, de permettre la relation créatrice en commençant par la première et fondatrice de tout l'édifice : la relation sensorielle.

L'ordinateur n'est pas un nouvel instrument, pas plus qu'un compositeur artificiel, c'est un moyen de représentation qui n'a pas d'égal par le passé, c'est le prototype des moyens de représentation, qui permet de « présenter-à-nouveau » tous les

aspects de l'absent qui nous intéresse, que celui-ci soit une structure logique, un système abstrait ou un objet physique capable de se mouvoir, se déformer, vibrer, résister sous nos actions. Aussi, l'envisageons-nous en premier lieu comme moyen de représentation de l'instrument selon tous les aspects qui permettent la relation et l'expérience instrumentale, et, dans cette démarche, le premier objectif que nous visons est de lui faire représenter non pas les effets (le son), mais, précisément... les causes.

Ainsi déplaçons-nous le problème du timbre, et plus généralement du langage, en projetant des outils (informatiques) pour modéliser et maîtriser non les effets, mais résolument et explicitement les causes.

Pratiquement, c'est ce qui nous a conduit à créer des outils informatiques fondés sur la « synthèse sonore par modèles physiques » (9), ainsi qu'à développer des organes d'interfaces gestuels appropriés pour la communication instrumentale avec l'ordinateur : les « Transducteurs Gestuels Rétroactifs » (*op. cit.*) qui permettent en particulier une synthèse de la perception tactile que tout instrumentiste a au contact de son instrument.

Ceci vaut alors pour le niveau élémentaire du matériau sonore mais, compte tenu des remarques faites plus haut, il est bien évident qu'un outil de représentation des causes contient dans son principe même celui de leur négation, de leur dépassement, ...de l'artifice. D'autre part, si, au niveau élémentaire, c'est la cause instrumentale ou physique qui porte de manière privilégiée cette « authenticité ontologique », aux niveaux supérieurs de la structure musicale, les modèles à la fois changent et se diversifient en nature. La notion de dialogue du créateur et du modèle cependant, fondamentale et féconde, demeure.

BIBLIOGRAPHIE

- BOULEZ (P.), 1985. - *Séminaire sur le Timbre*, I.R.C.A.M., 13 au 17 avril 1985.
- BREGMAN (A.) & PINKER (S.), 1978. - *Auditory screaming and the building of timbre*. *Canad. J. Psychol.*, 1978, 32 (1), 19-31.
- BREGMAN (A.), 1985. - *Séminaire sur le Timbre*, I.R.C.A.M., 13 au 17 avril 1985.
- CADOZ (C.), LUCIANI (A.) & FLORENS (J.L.), 1981. - *Synthèse musicale par simulation des mécanismes instrumentaux et transducteurs gestuels rétroactifs pour l'étude du jeu instrumental*. *Revue d'Acoustique*, 1981, 59, 279-292. *Synthesis by Simulation of Instrumental Mechanisms: The Cordis System*. *Computer Music Journal*, 1984, 8, n° 3, 60-73.
- GREY (J.M.), 1977. - *Multidimensionnal perceptual scaling of musical timbres*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1977, 61, 1270-1277.
- MCADAMS (S.), BREGMAN (A.), 1979. - *Hearing musical streams*. *Computer Music Journal*, 1979, 3, n° 4, 26-42.
- MCADAMS (S.), 1982. - *Spectral fusion and the creation of auditory images*. In « *Music, Mind and Brain: The Neuropsychology of Music* ». Manfred Clynes, ed., Plenum Press: New York.
- MCADAMS (S.), 1985. - *Séminaire sur le Timbre*, I.R.C.A.M., 13 au 17 avril 1985.
- RISSET (J.C.), 1966. - *Computer study of trumpet tones*. Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey.
- RISSET (J.C.) & WESSEL (D.), 1982. - *Exploration of timbre by analysis and synthesis*. In « *The Psychology of Music* », Edit. D. Deutsch, Academic Press. Inc.
- SCHAEFFER (P.), 1966. - *Traité des Objets Musicaux*. Paris, Le Seuil. 1966.
- WESSEL (D.), 1985. - *Séminaire sur le Timbre*, I.R.C.A.M., 13 au 17 avril 1985.

(9) CADOZ, LUCIANI, FLORENS 1981, 1984.